

Preis: 0,80 RM.



Hamburger Funk-Technik

FÜR DEN FACHMANN UND DEN BASTLER

Verlag: H. H. Nölke GmbH., Hamburg 20. Herausgeber und Hauptschriftleiter: Ing. H. Zimmermann, Hamburg 1, Stiftstr. 15

Hamburg, August 1947

Sonderdruck Nr. 2012

Unterlagen zur Berechnung von Schaltelementen für den Funktechniker

Mit dieser Ausgabe wird eine Reihe von Sonderdrucken begonnen, die dem vorgebildeten Rundfunktechniker Unterlagen in die Hand geben, mit deren Hilfe er in der Lage ist, die gebräuchlichsten Schaltelemente selber zu berechnen.

Durch die Fülle der Anwendungsmöglichkeiten der gebrachten Unterlagen, wie sie die Rundfunktechnik bietet, ist es im Rahmen dieses und der folgenden Sonderdrucke nicht möglich, das gesamte Anwendungsgebiet zu besprechen. Es werden deshalb nur einzelne Beispiele besprochen, die für das behandelte Gebiet charakteristisch sind.

Die folgenden Unterlagen werden manchen vieles bisher Unverständliche und Unerklärliche verstehen lassen und ihm einen weiteren Einblick in das Wesen der Rundfunktechnik geben.

Elektrische Einheiten

Einheit	Bedeutung
A = Ampere	Maßeinheit des Stromes
mA = Milliampere	1 Ampere × 10^{-3}
V = Volt	Maßeinheit der Spannung
mV = Millivolt	1 Volt × 10^{-3}
Ω = Ohm	Maßeinheit des Widerstandes
kΩ = Kiloohm	1 Ohm × 10^{3}
MΩ = Megohm	1 Ohm × 10^{6}
W = Watt	Maßeinheit der Leistung
kW = Kilowatt	1 Watt × 10^{3}
μW = Mikrowatt	1 Watt × 10^{-6}
VA = Voltampere	Maßeinh. d. Wechselstromleistung
kVA = Kilovoltampere	1 Voltampere × 10^{3}
Hz = Hertz	Maßeinheit der Frequenz
kHz = Kilohertz	1 Hertz × 10^{3}
S = Siemens	Maßeinh. d. Leitfähigkeit. (Abl.)
μS = Mikrosiemens	1 Siemens × 10^{-6}
H = Henry	Maßeinheit der Induktivität
mH = Milliheary	1 Henry × 10^{-3}
F = Farad	Maßeinheit der Kapazität
μF = Mikrofarad	1 Farad × 10^{-6}
nF = Nanofarad	1 Farad × 10^{-9}
pF = Picofarad	1 Farad × 10^{-12}
N = Neper	Maßeinh. d. Dämpf. u. Verstärk.
db = Dezibel	Maßeinh. d. Dämpf. u. Verstärk.



An die Mitglieder des Vereins für Funktechnik!

Die Vereinsmitteilungen für den Monat August sind in der Bauanleitung Nr. 12 veröffentlicht.

Vielfache und Teile elektrischer Einheiten

Zeichen	Vorsatz	Potenz	Zahl	Bezeichnung
T	Teva	= 10^{12}	= 1 000 000 000 000	= Billion
G	Giga	= 10^{9}	= 1 000 000 000	= Milliarde
M	Mega	= 10^{6}	= 1 000 000	= Million
k	Kilo	= 10^{3}	= 1 000	= Tausend
H	Hekto	= 10^{2}	= 100	= Hundert
D	Deka	= 10^{1}	= 10	= Zehn
d	Dezi	= 10^{-1}	= 0,1	= Zehntel
c	Centi	= 10^{-2}	= 0,01	= Hundertstel
m	Milli	= 10^{-3}	= 0,001	= Tausendstel
μ	Mikro	= 10^{-6}	= 0,000 001	= Millionstel
n	Nano	= 10^{-9}	= 0,000 000 001	= Milliardstel
p	Pico	= 10^{-12}	= 0,000 000 000 001	= Billionstel

Elektrische Formelzeichen

Zeichen	Bedeutung	Zeichen	Bedeutung
J	= Stromstärke	R^b	= Blindwiderstand
U	= Spannung	φ	= Phasenwinkel
E	= Elektromotorische Kraft	Z	= Wellenwiderstand
R	= Widerstand	b	= Dämpfung
ϱ	= spezifischer Widerstand	V	= Verstärkung
N	= Leistung	g	= Übertragungsmaß
f	= Frequenz	a	= Winkel- oder Phasenmaß
f_o	= Resonanzfrequenz	$\mathfrak{J}$	= Stromstärke in komplexer Darstellung
w	= Kreisfrequenz	$\mathfrak{U}$	= Spannung in komplexer Darstellung
G	= Leitwert	$\mathfrak{R}$	= Widerstand in komplexer Darstellung
L	= Induktivität		
C	= Kapazität		
R_s	= Scheinwiderstand		
R_w	= Wirkwiderstand		

CF 7 : $U_f = 13$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
CF 3 : $U_f = 13$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
CL 4 : $U_f = 26$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
CY1 : $U_f = 20$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
72 Volt

$$R_v = \frac{220 - 72}{0{,}2} = \frac{148}{0{,}2} = = 740\,\Omega$$

3. In einem Heizkreis sollen zwei verschiedene Röhren verwendet werden. Gesucht: Größe des „Shunts" (Parallelwiderstandes) und des Vorschaltwiderstandes (vgl. Abb. 9).

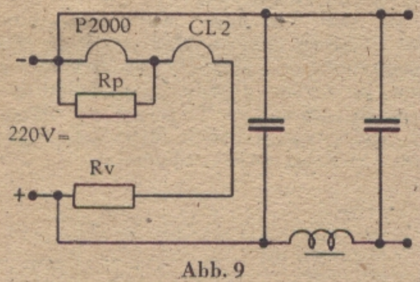


Abb. 9

RV 12 P 2000 : $U_f = 12{,}6$ Volt $I_f = 0{,}075$ Amp
CL 2 : $U_f = 24$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
36,6 Volt

$$R_p = \frac{12{,}6}{0{,}2 - 0{,}075} = \frac{12{,}6}{0{,}125} = 100\,\Omega$$

$$R_v = \frac{220 - 36{,}6}{0{,}2} = \frac{183{,}4}{0{,}2} = 917\,\Omega$$

Der verzweigte Stromkreis

Schaltet man mehrere Widerstände parallel, R_1, R_2, $R_3 \ldots$, so ist der Gesamtstrom gleich der Summe der Einzelströme. (Vgl. Abb. 10.)

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \ldots\ldots\ldots$$

Die Teilströme in den Widerständen verhalten sich umgekehrt, wie die Widerstände.

$$I_1 : I_2 : I_3 = 1/R_1 : 1/R_2 : 1/R_3$$

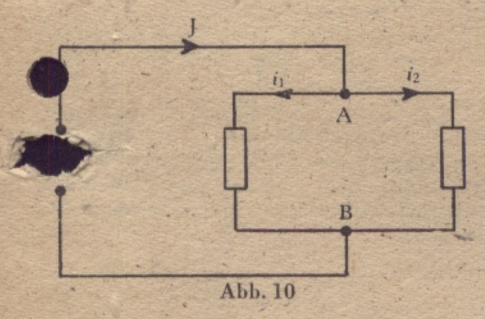


Abb. 10

Der Gesamtwiderstand ergibt sich aus

$$1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$$

$$R = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \ldots}$$

z. B. für zwei parallel geschaltete Widerstände nach Abb. 11 wird:

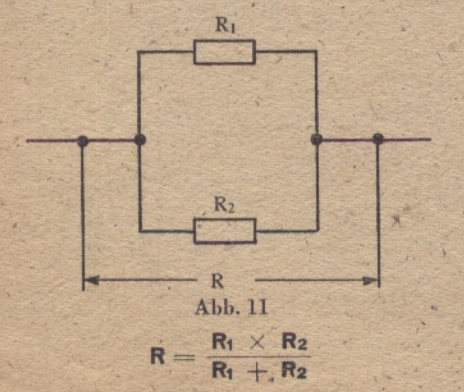


Abb. 11

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

und für drei parallel geschaltete Widerstände nach Abb. 12:

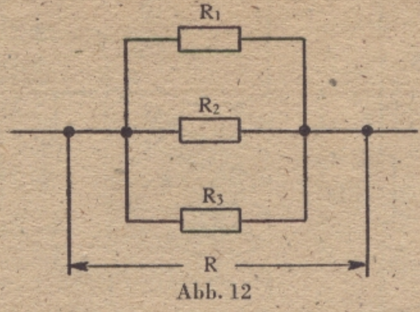


Abb. 12

$$R = \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3 + R_1 \times R_2}$$

Beispiel:

Gesucht wird der Widerstand einer Reihenparallelschaltung von Widerständen (vgl. Abb. 13).

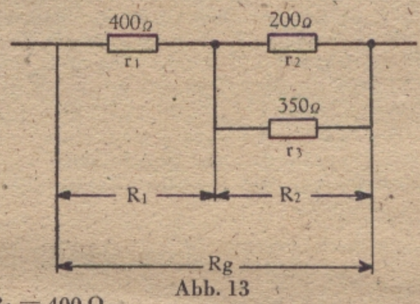


Abb. 13

$R_1 = 400\,\Omega$

$$R_2 = \frac{r_2 \times r_3}{r_2 + r_3} = \frac{200 \times 350}{200 + 350} = \frac{70\,000}{550} = 127{,}3\,\Omega$$

$$R_g = R_1 + R_2 = 400 + 127{,}3 = 527{,}3\,\Omega$$

Die Leistung des elektrischen Stromes

Einer Leistung entspricht die pro Zeiteinheit geleistete Arbeit. Danach gilt für die elektrische Leistung N in Watt

$$N = \frac{A}{t} = \frac{U \times I \times t}{t} = U \times I$$

Die in einem Ohmschen Widerstand, an dem der Spannungsabfall $U = I \times R$ liegt, verbrauchte Leistung ist dann

$$N = I \times R \times I = I^2 \times R = \frac{U^2}{R}$$

Beispiele:

1. Ein Verstärker nimmt einen Strom von 0,3 Amp. bei einer Netzspannung von 220 Volt auf. Welche Leistung wird verbraucht?

$$N = U \times I = 220 \times 0{,}3 = 66 \text{ Watt}$$

2. In einer Gleichrichterschaltung nach Abb. 14 liegt ein Belastungswiderstand von 50 kΩ. Wie groß ist der Strom I? Für welche Leistung muß der Widerstand bemessen sein?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{275}{50\,000} = 0{,}0055 \text{ Amp.} = 5{,}5 \text{ mA}$$

$$N = U \times I = 275 \times 0{,}0055 = 1{,}5 \text{ Watt oder}$$

$$N = \frac{U^2}{R} = \frac{275^2}{50\,000} = 1{,}5 \text{ Watt}$$

3. Der Vorschaltwiderstand für einen Allstromnetzteil ist zu berechnen und seine Belastbarkeit zu ermitteln (vgl. Abb. 15).

EF 11 : $U_f = 6{,}3$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
EF 12 : $U_f = 6{,}3$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
CL 1 : $U_f = 13$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
2 Glühbirn. : $U_f = 24$ Volt $I_f = 0{,}2$ Amp.
$= 49{,}6$ Volt

$$R_v = \frac{U}{I} \cdot I = 0{,}2 \text{ A. } U = 220 - 49{,}6 = 170{,}4 \text{ V}$$

$$R_v = \frac{170{,}4}{0{,}2} = \text{ca. } 850\,\Omega$$

$$N = U \times I = 170{,}4 \times 0{,}2 = \text{ca. } 34 \text{ Watt}$$

4. Für die Endstufe eines Verstärkers nach Abb. 16 mit der EL 11 sind folgende Werte bekannt: $U_a = 250$ V. $I_a = 35$ mA. $R_a = 10$ kΩ. $-u_{g1} = 7$ V. Gesucht werden die Batteriespannung U_B, der Kathodenwiderstand R_k und die Belastbarkeit des Außenwiderstandes N (R_a).

Berechnung der Batteriespannung U_B:
$U = I \times R = I_a \times R_a = 0{,}035 \times 10\,000 = 350$ V
$U_B = U_a + U = 250 + 350 = 600$ V

Berechnung des Kathodenwiderstandes R_k:

$$R_k = \frac{u_{g1}}{I} = \frac{7}{0{,}039} = 180\,\Omega$$

Berechnung von N (R_a):
N (R_a) $= U \times I = 350 \times 0{,}035 = 12{,}3$ Watt

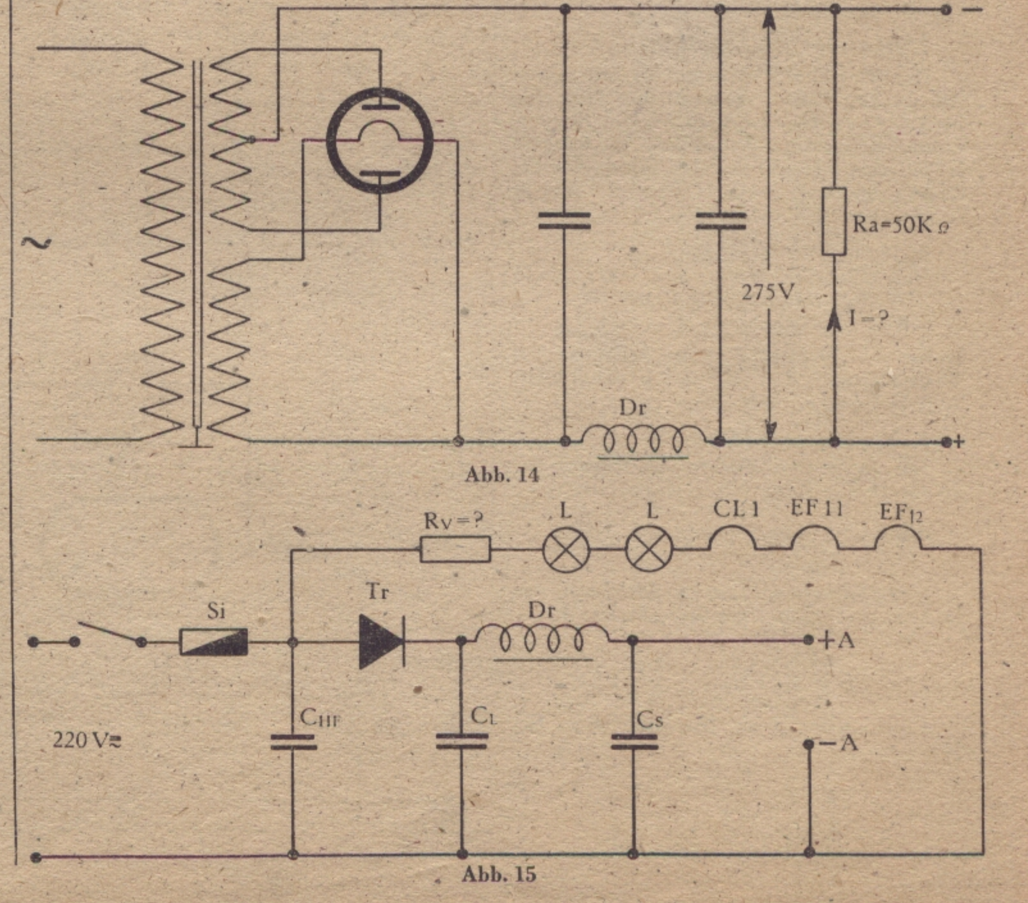


Abb. 14

Abb. 15

Das „internationale“ praktische Maßsystem ist auf den Urmaßen Ohm, Ampere, Meter und Sekunde aufgebaut.

Ein Ohm (Ω) ist die Einheit des elektrischen Widerstandes und wird dargestellt durch den Widerstand einer Quecksilbersäule von der Temperatur des schmelzenden Eises, deren Länge, bei durchweg gleichem 1 mm² gleichzuachtendem Querschnitt 106,3 cm und deren Masse 14,4521 gr beträgt.

1 Ampere (A) ist die Einheit der elektrischen Stromstärke und wird dargestellt durch den unveränderlichen elektrischen Strom, der beim Durchgang durch eine wässerige Lösung von Silbernitrat in 1 Sek. 0,001 118 gr Silber niederschlägt.

Abgeleitete Einheit: 1 Volt (V), die Einheit der elektromotorischen Kraft, ist die EMK, die in einem Leiter, dessen Widerstand 1 Ω beträgt, einen Strom von 1 A erzeugt.

Grundgesetze für Gleichstrom

Der Strom (J) ist außer von der Spannung (U) noch von dem Leiter abhängig, durch den die Elektronen fließen. Man bezeichnet diesen Faktor als Leitungswiderstand R. Durch Versuch ist ermittelt, daß der Strom proportional der Spannung und umgekehrt proportional dem Widerstand ist (vgl. Abb. 1).

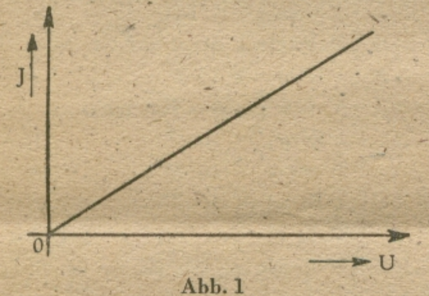


Abb. 1

Strom J, (Ampère A) $J = \frac{U}{R}$

Spannung U (Volt V) $U = J \times R$

Widerstand R (Ohm Ω) $R = \frac{U}{J}$

Diesen Zusammenhang zwischen Strom, Spannung und Widerstand nennt man auch das Ohmsche Gesetz.

Der Widerstand eines Leiters hängt außer von der Länge und dem Querschnitt auch von der Art des Leitungsmaterials ab.

Als spezifischen Widerstand ϱ bezeichnet man den Widerstand eines Leiters von 1 m Länge und 1 mm² Querschnitt. Der reziproke Wert heißt Leitfähigkeit ($\varkappa$).

Dann ist der Gesamtwiderstand eines Leiters:

$$R = \frac{\varrho \cdot l}{F} \quad \begin{array}{l} l = \text{Länge in m} \\ F = \text{Querschnitt in mm}^2 \end{array}$$

d. h. der Gesamtwiderstand eines Leiters ist um so größer, je länger der Leiter und um so geringer, je größer der Leiterquerschnitt ist.

Beispiele:

1. Welcher Strom fließt durch eine Glühbirne im eingeschalteten Zustand, die an einer Spannung von 220 Volt einen Widerstand von 440 Ω besitzt? (Vgl. Abb. 2.)

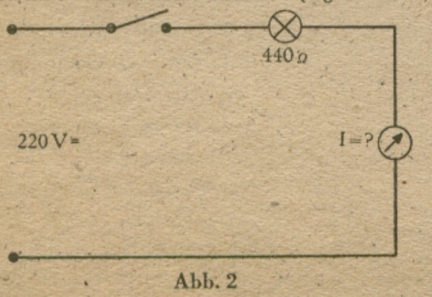


Abb. 2

$$J = \frac{U}{R} = \frac{220\ (V)}{440\ (\Omega)} = 0{,}5\ \text{Amp.}$$

2. Durch einen Kathodenwiderstand von 500 Ω soll ein Strom von 30 mA fließen. Welche Spannung muß an dem Widerstand liegen?

$$U = J \times R = 0{,}03 \times 500 = 15\ \text{Volt}$$

3. Wie groß muß der Kathodenwiderstand der Röhre AD 1 sein, wenn eine Gittervorspannung von 45 Volt und ein Anodenstrom von 60 mA gegeben sind? (Vgl. Abb. 3.)

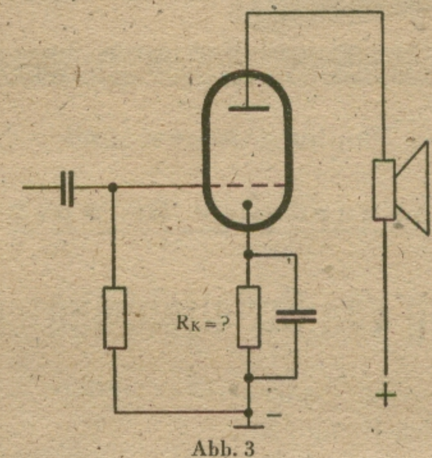


Abb. 3

$$R_K = \frac{U}{J} = \frac{45}{0{,}06} = 750\ \text{Ohm}$$

4. Wie groß muß der Schirmgittervorwiderstand einer HF-Röhre (AF 3) werden, wenn am Schirmgitter eine Spannung von $U_{g2} = 120$ Volt liegen soll? Es fließt ein Strom von 1,5 mA. Die Batteriespannung beträgt 275 Volt (vgl. Abb. 4).

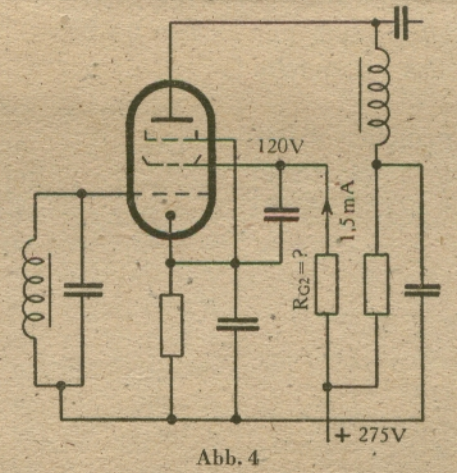


Abb. 4

$$R_{G2} = \frac{U}{J} = \frac{155}{0{,}0015} = 103\,333 = \text{ca. } 100\ \text{K}\Omega$$

Aus diesen wenigen Beispielen kann man ersehen, daß sich mit Hilfe des Ohmschen Gesetzes in Gleichstromkreisen schon sehr viele Rechnungen durchführen lassen. Die Berechnung von rein Ohmschen Widerständen, wie Vorschaltwiderständen, Parallelwiderständen, Verbrauchern usw. kann ohne weiteres durchgeführt werden.

Der einfache Stromkreis (Reihenschaltung)

Der Strom hat in jedem Teil einer Hintereinanderschaltung (Reihenschaltung oder Serienschaltung von Stromquelle, Leitungen und Verbraucher) die gleiche Stärke. Da das „Hindurchdrücken“ der Elektronen durch jeden Teil eines Stromkreises eine Arbeit erfordert (z. B. Umsetzung in Wärme), wird die EMK e in jedem Teil des Stromkreises geringer, d. h. die Spannung fällt allmählich von ihrem größten Wert e bis o ab (vgl. Abb. 5).

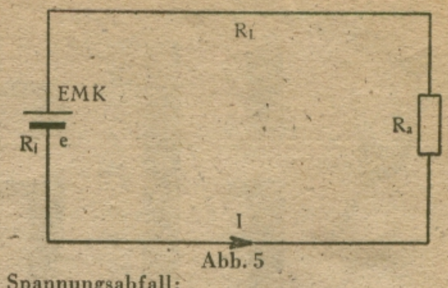


Abb. 5

Spannungsabfall:

$U_i = I \times R_i$ = innerer Spannungsabfall

$U_L = I \times R_L$ = Spannungsabfall a. d. Leit.

$U_a = I \times R_a$ = Spannungsabf. i. Verbr.

Aus obigem folgt:

$$e - I \times R_i - I \times R_L - I \times R_a = 0$$
$$e = I \times R_i + I \times R_L + I \times R_a$$
$$e = U_i + U_l + U_a$$

weiter ist

$$e = I \times (R_i + R_L + R_a)$$

Allgemein folgt daraus:

$$U = U_1 + U_2 + U_3 + U_n = \sum U$$
$$R = r_1 + r_2 + r_3 + r_n = \sum r$$

(Vgl. Abb. 6.)

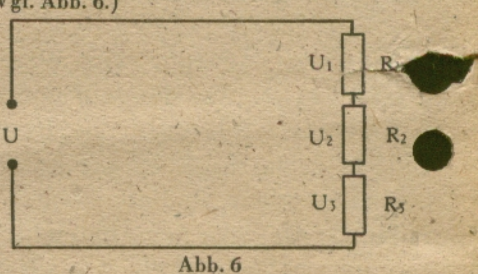


Abb. 6

1. Bei Hintereinanderschaltung ist die Gesamtspannung gleich der Summe der Einzelspannungen.

2. Bei Hintereinanderschaltung ist der Gesamtwiderstand gleich der Summe der Einzelwiderstände.

Beispiele: I = 0,1 Amp

+ 220V; U1 = 55V; r1 = 550Ω; + 165V; Si; U2 = 55V; r2 = 550Ω; U = 220V; + 110V; U3 = 55V; r3 = 550Ω; + 55V; U4 = 55V; r4 = 550Ω; −

Abb. 7

1. Es ist die Spannungsverteilung längs einer Reihenschaltung von vier Widerständen zu berechnen (vgl. Abb. 7).

$U_1 = I \times r_1 = 0{,}1 \times 550 = 55$ Volt
$U_2 = I \times r_2 = 0{,}1 \times 550 = 55$ Volt
$U_3 = I \times r_3 = 0{,}1 \times 550 = 55$ Volt
$U_4 = I \times r_4 = 0{,}1 \times 550 = 55$ Volt

2. Für einen Zweikreiser ist der Heizkreis zu berechnen (vgl. Abb. 8).

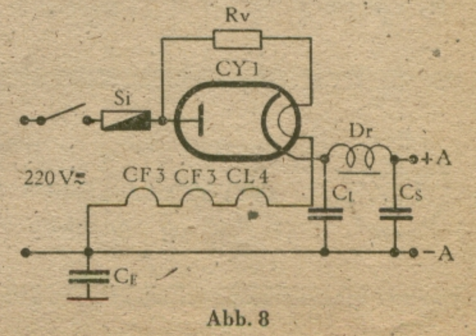


Abb. 8

CF 7 : U_f = 13 Volt I_f = 0,2 Amp.
CF 3 : U_f = 13 Volt I_f = 0,2 Amp.
CL 4 : U_f = 26 Volt I_f = 0,2 Amp.
CY 1 : U_f = 20 Volt I_f = 0,2 Amp.
72 Volt

$$R_v = \frac{220 - 72}{0,2} = \frac{148}{0,2} = 740\ \Omega$$

3. In einem Heizkreis sollen zwei verschiedene Röhren verwendet werden. Gesucht: Größe des „Shunts" (Parallelwiderstandes) und des Vorschaltwiderstandes (vgl. Abb. 9).

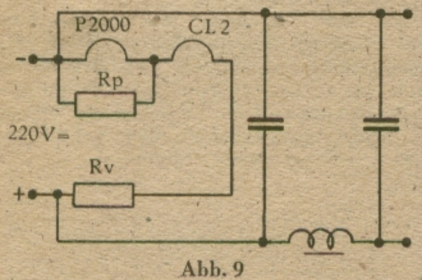


Abb. 9

RV 12 P 2000 : U_f = 12,6 Volt I_f = 0,075 Amp
CL 2 : U_f = 24 Volt I_f = 0,2 Amp.
36,6 Volt

$$R_p = \frac{12,6}{0,2 - 0,075} = \frac{12,6}{0,125} = 100\ \Omega$$

$$R_v = \frac{220 - 36,6}{0,2} = \frac{183,4}{0,2} = 917\ \Omega$$

Der verzweigte Stromkreis

Schaltet man mehrere Widerstände parallel, R_1, R_2, R_3 . . ., so ist der Gesamtstrom gleich der Summe der Einzelströme. (Vgl. Abb. 10.)

$$I = I_1 + I_2 + I_3 \ldots\ldots$$

Die Teilströme in den Widerständen verhalten sich umgekehrt, wie die Widerstände.

$$I_1 : I_2 : I_3 = 1/R_1 : 1/R_2 : 1/R_3$$

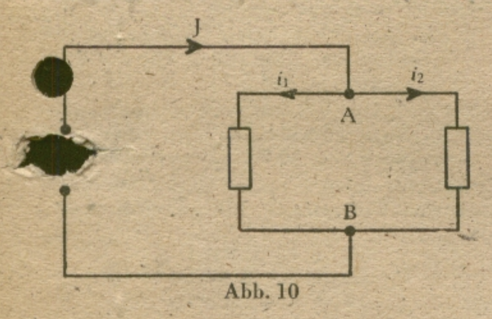


Abb. 10

Der Gesamtwiderstand ergibt sich aus $1/R = 1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3$

$$R = \frac{1}{1/R_1 + 1/R_2 + 1/R_3 + \ldots}$$

z. B. für zwei parallel geschaltete Widerstände nach Abb. 11 wird:

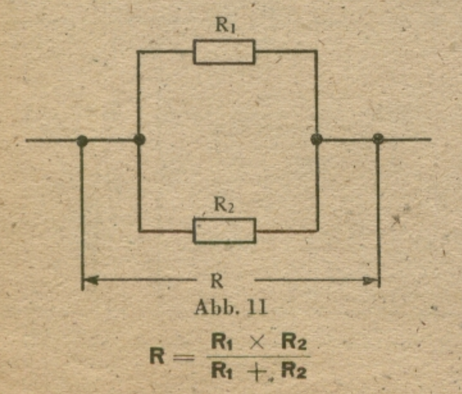


Abb. 11

$$R = \frac{R_1 \times R_2}{R_1 + R_2}$$

und für drei parallel geschaltete Widerstände nach Abb. 12:

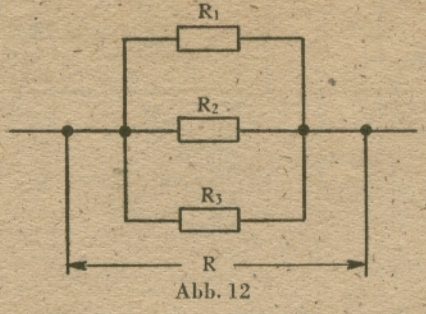


Abb. 12

$$R = \frac{R_1 \times R_2 \times R_3}{R_2 \times R_3 + R_1 \times R_3 + R_1 \times R_2}$$

Beispiel:

Gesucht wird der Widerstand einer Reihenparallelschaltung von Widerständen (vgl. Abb. 13).

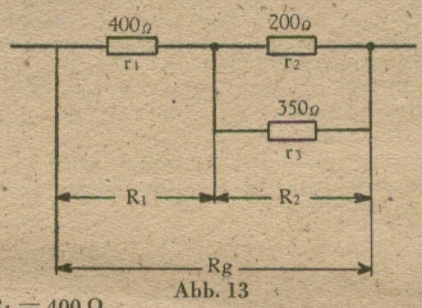


Abb. 13

$R_1 = 400\ \Omega$

$$R_2 = \frac{r_2 \times r_3}{r_2 + r_3} = \frac{200 \times 350}{200 + 350} = \frac{70\,000}{550} = 127,3\ \Omega$$

$$R_g = R_1 + R_2 = 400 + 127,3 = 527,3\ \Omega$$

Die Leistung des elektrischen Stromes

Einer Leistung entspricht die pro Zeiteinheit geleistete Arbeit. Danach gilt für die elektrische Leistung N in Watt

$$N = \frac{A}{t} = \frac{U \times I \times t}{t} = U \times I$$

Die in einem Ohmschen Widerstand, an dem der Spannungsabfall $U = I \times R$ liegt, verbrauchte Leistung ist dann

$$N = I \times R \times I = I^2 \times R = \frac{U^2}{R}$$

Beispiele:

1. Ein Verstärker nimmt einen Strom von 0,3 Amp. bei einer Netzspannung von 220 Volt auf. Welche Leistung wird verbraucht?

$$N = U \times I = 220 \times 0,3 = 66\ \text{Watt}$$

2. In einer Gleichrichterschaltung nach Abb. 14 liegt ein Belastungswiderstand von 50 kΩ. Wie groß ist der Strom I? Für welche Leistung muß der Widerstand bemessen sein?

$$I = \frac{U}{R} = \frac{275}{50\,000} = 0,0055\ \text{Amp.} = 5,5\ \text{mA}$$

$N = U \times I = 275 \times 0,0055 = 1,5$ Watt oder

$$N = \frac{U^2}{R} = \frac{275^2}{50\,000} = 1,5\ \text{Watt}$$

3. Der Vorschaltwiderstand für einen Allstromnetzteil ist zu berechnen und seine Belastbarkeit zu ermitteln (vgl. Abb. 15).

EF 11 : U_f = 6,3 Volt I_f = 0,2 Amp.
EF 12 : U_f = 6,3 Volt I_f = 0,2 Amp.
CL 1 : U_f = 13 Volt I_f = 0,2 Amp.
2 Glühbirn. : U_f = 24 Volt I_f = 0,2 Amp.
= 49,6 Volt

$R_v = \frac{U}{I} \cdot I = 0,2$ A. $U = 220 - 49,6 = 170,4$ V

$$R_v = \frac{170,4}{0,2} = \text{ca. } 850\ \Omega$$

$N = U \times I = 170,4 \times 0,2 =$ ca. 34 Watt

4. Für die Endstufe eines Verstärkers nach Abb. 16 mit der EL 11 sind folgende Werte bekannt: $U_a = 250$ V. $I_a = 35$ mA. $R_a = 10$ kΩ. — $u_{g1} = 7$ V. Gesucht werden die Batteriespannung U_B, der Kathodenwiderstand R_k und die Belastbarkeit des Außenwiderstandes N (R_a).

Berechnung der Batteriespannung U_B:
$U = I \times R = I_a \times R_a = 0,035 \times 10\,000 = 350$ V
$U_B = U_a + U = 250 + 350 = 600$ V

Berechnung des Kathodenwiderstandes R_k:

$$R_k = \frac{u_{g1}}{I} = \frac{7}{0,039} = 180\ \Omega$$

Berechnung von N (R_a):
N (R_a) $= U \times I = 350 \times 0,035 = 12,3$ Watt

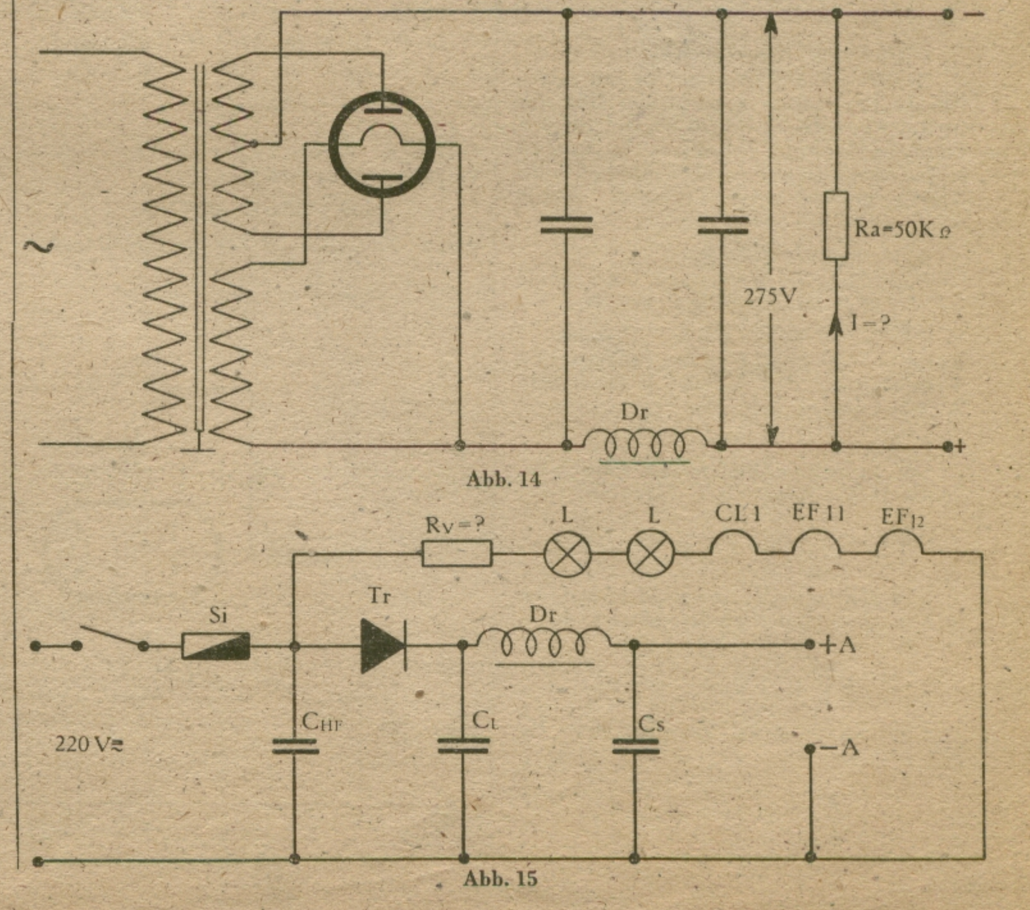


Abb. 14

Abb. 15

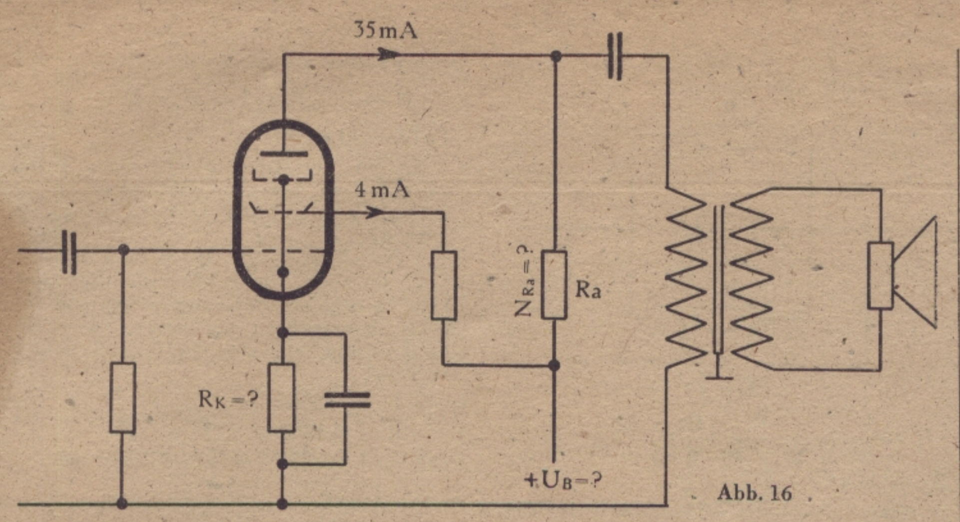


Abb. 16

Grundgesetze für Wechselstrom

In Wechselstromkreisen spielen außer den rein Ohmschen Leitungswiderständen auch noch die sog. induktiven und kapazitiven Widerstände eine Rolle. Bei einem induktiven Widerstand handelt es sich um den Wechselstromwiderstand, der durch eine Spule von der Induktivität oder Selbstinduktion L entsteht. Die Selbstinduktion L einer Spule wird in Henry gemessen.

Der kapazitive Widerstand stellt den Wechselstromwiderstand eines Kondensators von der Kapazität C dar. Die Kapazität C eines Kondensators wird in Farad gemessen.

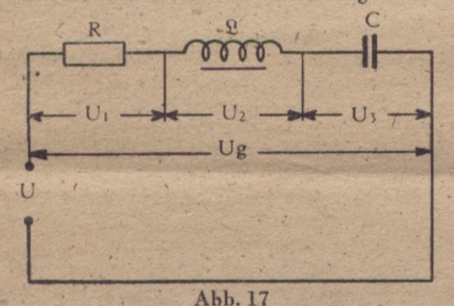


Abb. 17

Der in Abb. 17 dargestellte einfache Wechselstromkreis enthält einen Ohmschen Widerstand R, eine Selbstinduktion L und eine Kapazität C.

1. Ohmscher Widerstand R:

Der Ohmsche Widerstand ist mit seiner Angabe von R-Ohm gegeben und läßt sich nach der bereits gebrachten Formel für den Leitungswiderstand berechnen. Es handelt sich hierbei also nur um den reinen Gleichstromwiderstand, auch Ohmscher Widerstand genannt.

2. Induktiver Widerstand:

Der induktive Widerstand einer Spule mit der Selbstinduktion L Henry ist

$$R_{ind} = 2 \times \pi \times f \times L = \omega \times L$$

worin $\omega = 2\pi f$ und f = der Frequenz des Wechselstromes in Hertz. w nennt man Kreisfrequenz.

3. Kapazitiver Widerstand:

Der kapazitive Widerstand eines Kondensators der Kapazität C Farad ist

$$R_{kap} = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times C} = \frac{1}{\omega \times C}$$

Der Gesamtwechselstromwiderstand des in Abb. 17 dargestellten Stromkreises ist:

$$\Re = \sqrt[2]{R^2 + (L - \frac{1}{\omega \times C})^2}$$

Hiernach lautet das Ohmsche Gesetz für Wechselstrom:

$$I = \frac{U}{\sqrt[2]{R^2 + (L - \frac{1}{\omega \times C})^2}}$$

Betrachtet man zunächst die Formel für den kapazitiven Widerstand eines Kondensators, so erkennt man, daß der Wechselstromwiderstand um so größer ist, je kleiner die Kapazität C des Kondensators und je kleiner die Kreisfrequenz w des Wechselstroms ist.

Der Wechselstromwiderstand eines verlustfrei angenommenen Kondensators von 0,1 µF beträgt also bei einer Netzfrequenz von 50 Hertz

$$R_c = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 0{,}1 \times 10^{-6}}$$

$$R_c = \frac{10^6}{2 \times \pi \times 50 \times 0{,}1} = 31\,847\ \Omega$$

Beispiel:

Für einen Zweikreiser mit der Röhrenbestückung EF 11, EF 12, CL 4 und CY 1 ist die Größe des Heizvorschaltwiderstandes zu berechnen. An Stelle des Heizvorschaltwiderstandes soll in diesem Falle ein Vorschaltkondensator Verwendung finden. Wie groß muß die Kapazität des Vorschaltkondensators sein?

Heizdaten der Röhren:

EF 11:	U_f = 6,3 Volt	I_f = 0,2 Amp.
EF 12:	U_f = 6,3 Volt	I_f = 0,2 Amp.
CL 4:	U_f = 26 Volt	I_f = 0,2 Amp.
CY 1:	U_f = 20 Volt	I_f = 0,2 Amp.
	58,6 Volt	

Die im Vorschaltwiderstand zu vernichtende Spannung beträgt

$$220 - 58{,}6 = 161{,}4 \text{ Volt}$$

daraus die Größe des Vorschaltwiderstandes

$$R_v = \frac{U}{I} = \frac{161{,}4}{0{,}2} = 807\ \Omega$$

Die Kapazität des vorzuschaltenden Kondensators berechnet sich wie folgt:

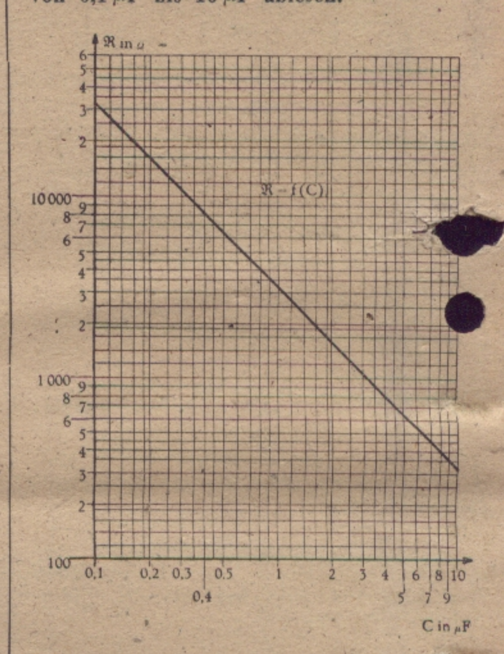
$$C_v = \frac{1}{\omega \times R} = \frac{1}{2 \times \pi \times f \times R} = \frac{1}{2 \times \pi \times 50 \times 807}$$

Für Rv in µF gilt dann

$$C_v\ (\mu F) = \frac{1\,000\,000}{2 \times \pi \times 50 \times 807} = \text{ca. } 4\ \mu F$$

Da diese Rechnung in der Praxis sehr häufig vorkommt, ist es angebracht, die Widerstandswerte von Kondensatoren in Abhängigkeit von der Kapazität C bei einer Netzfrequenz von 50 Hz in einem Kurvenbild aufzutragen.

In der folgenden Kurvendarstellung sind in einem Koordinatensystem die Kapazitäten in µF und die Widerstände in Ohm in einem dekadisch-logarythmischen Maßstab aufgetragen. Es lassen sich daraus die Widerstandswerte zu den Kapazitäten von 0,1 µF bis 10 µF ablesen.



Nach dem vorstehend gegebenen Kurvenbild ist es nun möglich,

1. für einen bekannten Widerstand die erforderliche Größe des Kondensators zu bestimmen und
2. für einen bekannten Kondensator den Wechselstromwiderstand bei einer Netzfrequenz von 50 Hz zu bestimmen.

So entnimmt man der Kurve den Wechselstrom-Widerstand für Kondensatoren von

0,1 µF	zu	31 850 Ω
1,0 µF	zu	3 185 Ω
10,0 µF	zu	320 Ω

Andererseits entsprechen die Widerstandswerte von

500 Ω	einer Kapazität von 6,2 µF
1 000 Ω	einer Kapazität von 3,2 µF
5 000 Ω	einer Kapazität von 0,62 µF
10 000 Ω	einer Kapazität von 0,32 µF

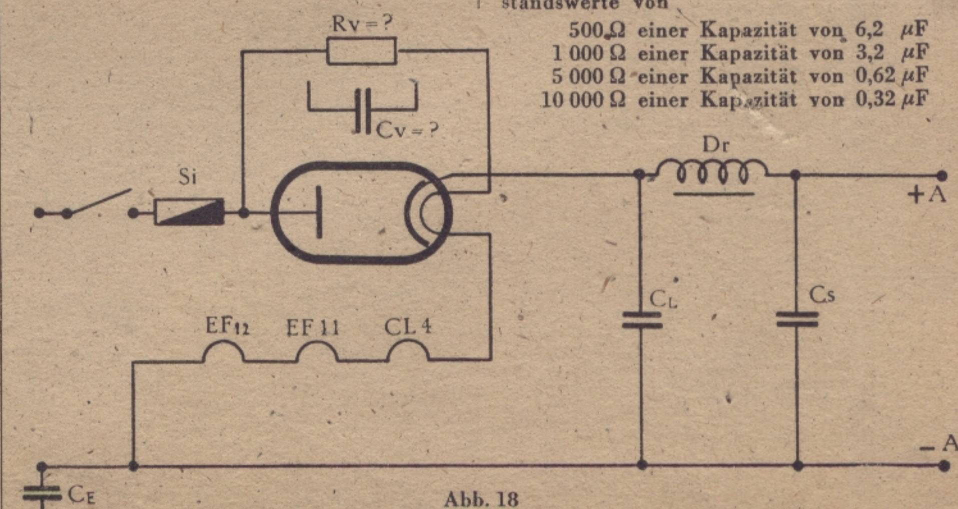


Abb. 18

Wihag-Druck EP 56/I Hbg. 05 31 647 8/571 C 12000